

冬期季節風時の雪雲の構造に違いをもたらす要因



地球観測フロンティア研究システム

山田 広幸

2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

背景

季節風時に現れる雪雲の形態と、その発生要因

- 筋状の雲、セル状の雲 → 静力学的不安定 ← **本研究の対象**
- 日本海収束帯(JPCZ)の帯状雲 → 静力学的不安定 + 下層収束
- メソ低気圧に伴う渦状の雲 → //

筋状・セル状降雪雲の気象学的な特徴と役割

- 日本海の他に太平洋・大西洋・五大湖などで広範囲に発現し、海洋から大気への熱・水輸送を広範囲において担う。

筋状・セル状降雪雲の構造に関するこれまでの研究

- 乾燥ロール状対流との相違点に注目した観測研究
- 降水過程の役割に注目した観測研究

2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

ロール状対流に似た構造を観測した研究例

Kelly (1982) 1 台のレーダーにより観測

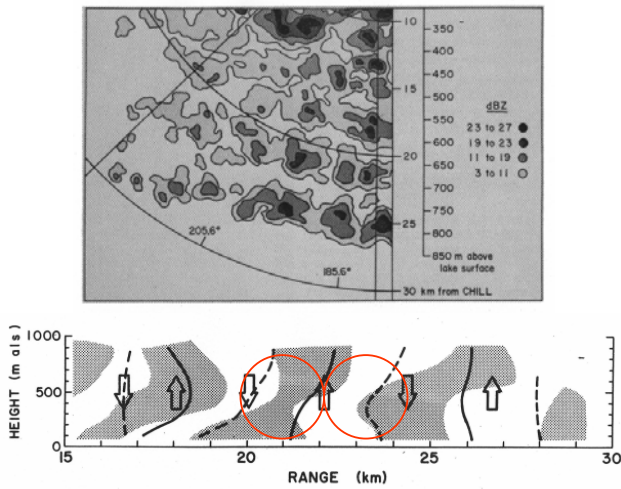
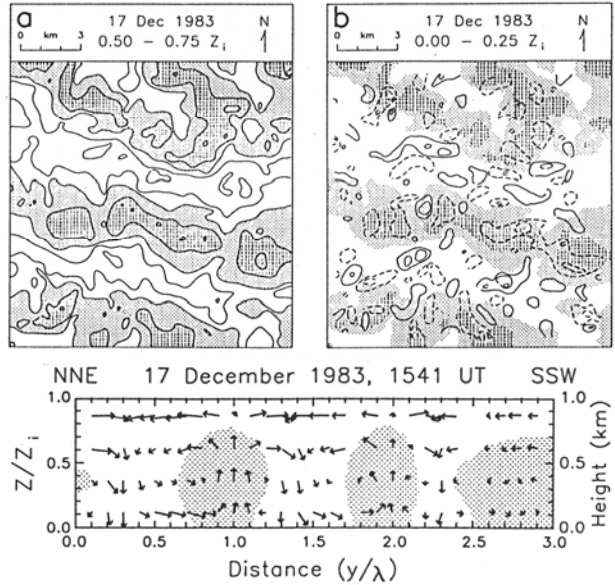


FIG. 13. Vertical cross-section along 180° azimuth from CHILL radar. Stippling denotes regions of diffluence; intervening clear areas denote confluence. Heavy solid and dashed lines mark echo maxima and minima, respectively. Arrows mark approximate locations of updrafts and downdrafts.

Kristovich (1993) 2 台のレーダーで観測



2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

降水過程に着目した観測例

Shirooka and Uyeda (1990)

力学的要因（霰によるローディング）の役割

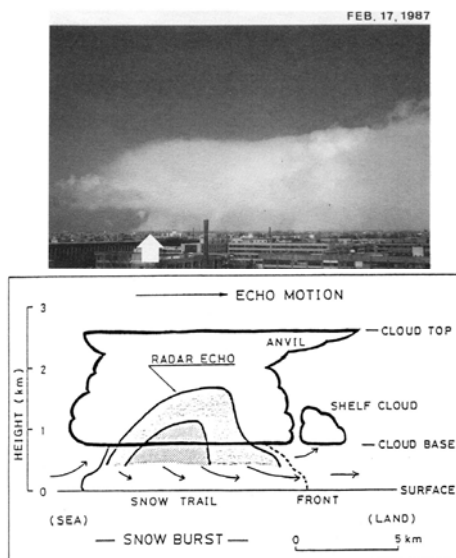
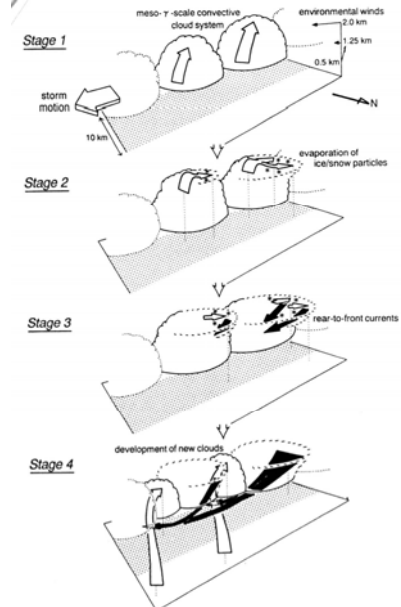


Fig. 14. Schematic illustration of a snowburst.

Fujiyoshi et al. (1998)

熱力学的要因（雲頂での蒸発冷却）の役割



2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

本研究の目的

これまでの観測研究からわかること

- 雪雲を構成する対流セルの構造に多様性がみられる。
 - 降雪域に下降流を伴わないセル（乾燥対流に近い特徴）
 - 降雪域に下降流を伴うセル（積乱雲に近い特徴）

このような違いを整理し、その要因を明らかにするような試みは行われたことがない。

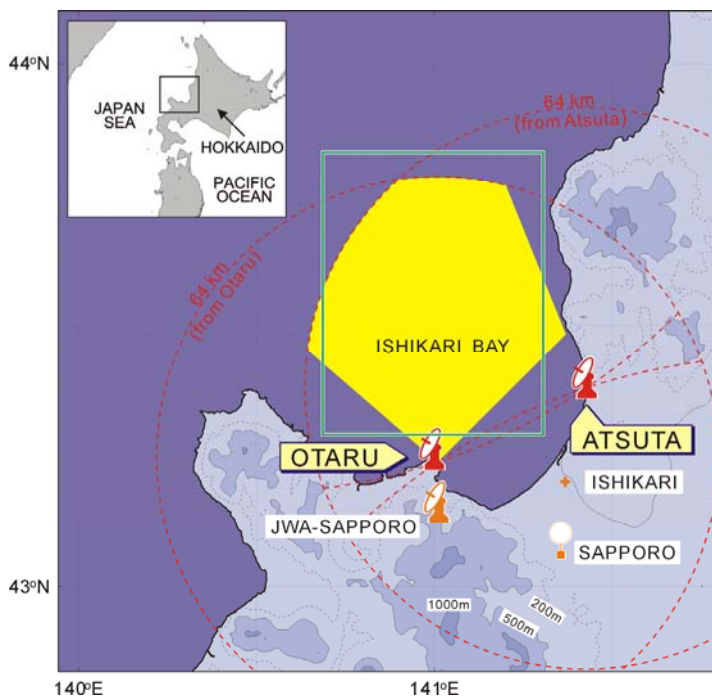
本研究の目的

- 2台のレーダーを用いて雪雲の構造を観測し、対流セルの構造に違いをもたらす要因を明らかにすること。

2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

石狩湾における雪雲の観測



観測期間

- 1995年1月18～28日
- 1996年1月19～28日

レーダー

- 防災科研 X-DOP （厚田）
- 防災科研 X-POL （小樽）
- 札幌管区レーダー （毛無山）

高層観測

- 札幌管区気象台

2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

対流セルの調査方法

- 解析で注目すべき点

1. 対流セルの構造が時間とともに
どのように変化するか？
2. その変化をもたらす要因は何か？

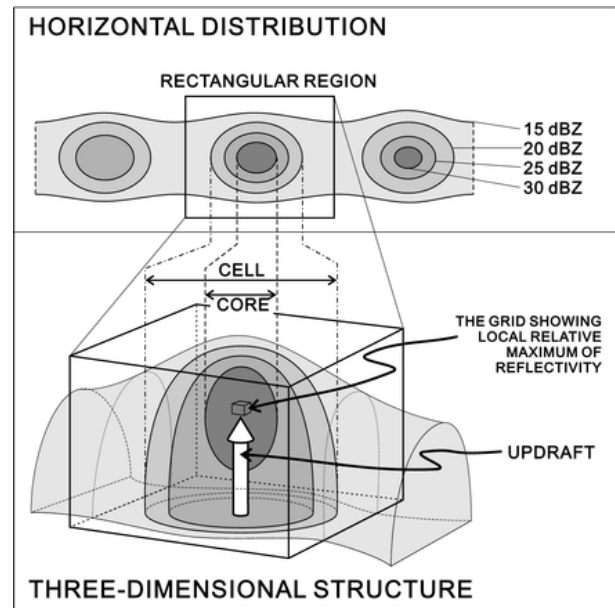
- 解析方法

対流セルの定義

→ 上昇流を伴う反射強度の極大域

対流セルの時間変化の追跡作業

→ 大量のデータから、良質の事例
を選び出す



2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

解析に用いた対流セルの選定方法

- 21日分の観測データ



非季節風時やメソ低気圧に伴う事例などを除く

- 81時間分の観測データ

- | | |
|-----------------------|-------------|
| • 不活発な降雪雲 | 11 % |
| • 地形性の降雪雲 | 14 % |
| • セル状の構造が不明瞭な降雪雲 | 29 % |
| • セル状の構造を示す降雪雲 | 47 % |



- 対流セルの選定

1. 等間隔（6分／12分）で取得された3次元データがあり、反射強度で36分以上、気流データで18分以上も追跡が可能であること。
2. 追跡期間中に上昇流が卓越する（発達段階の）期間が含まれる。
3. 環境場の特徴が異なるものを選ぶ。

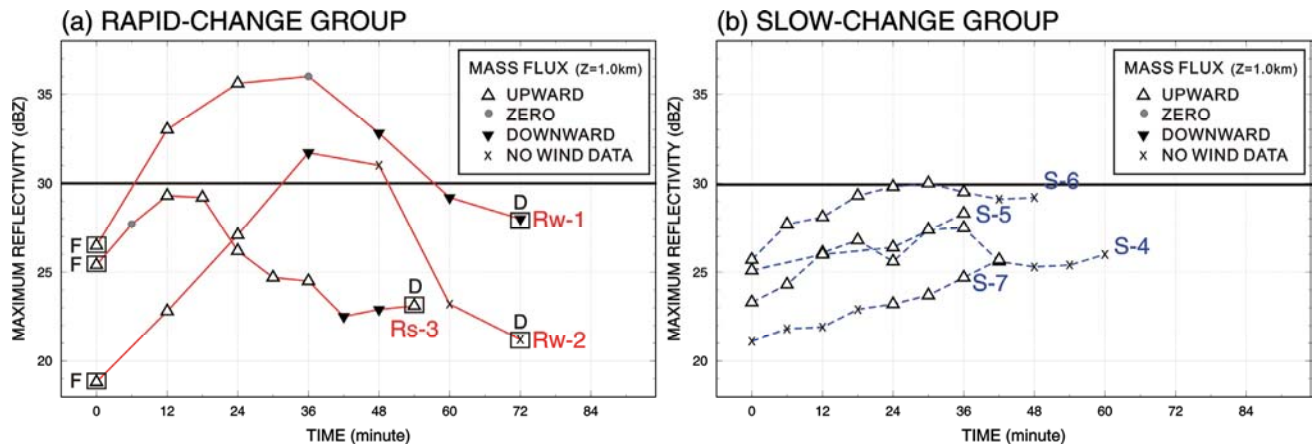


- 解析に用いられた対流セル 7事例

2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

対流セルのタイプ分け

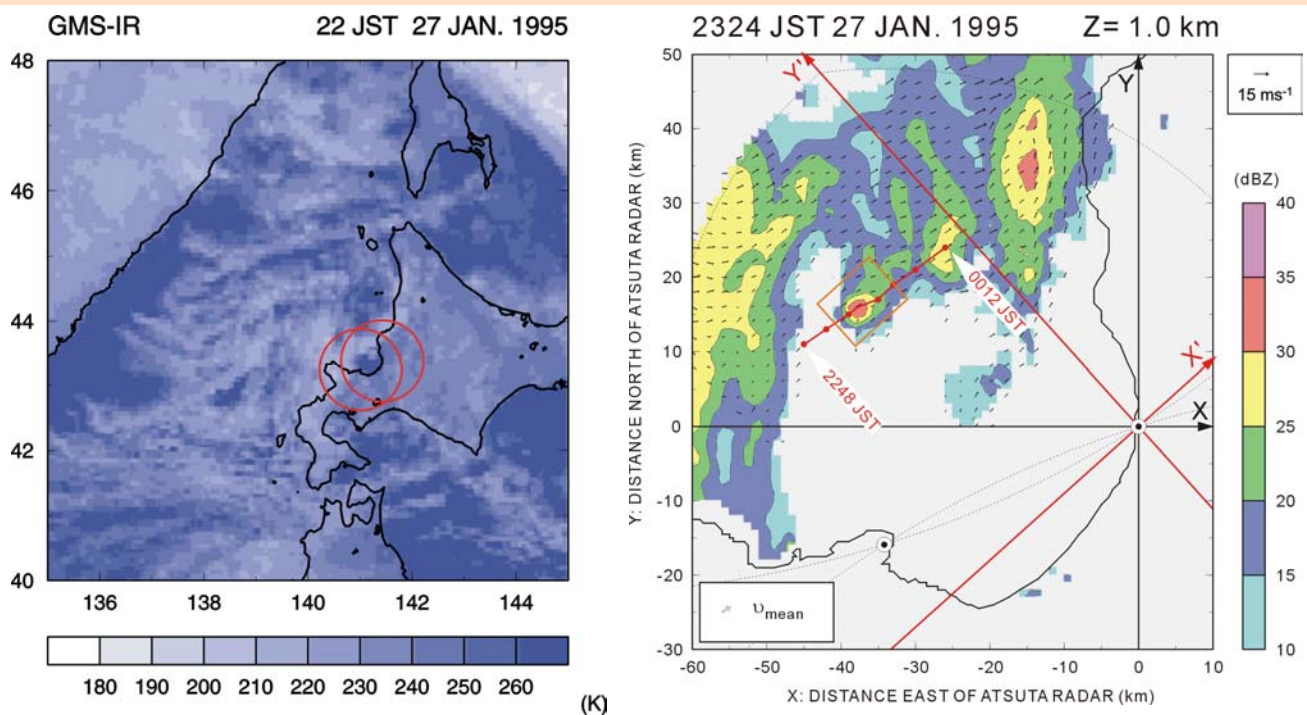


- Rグループ (構造の変化が急激)
 - Rwタイプ (弱い鉛直シアーの環境)
 - Rsタイプ (強い鉛直シアーの環境)
- Sグループ (構造の変化が緩やか) → Sタイプ

2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

Rwタイプ (急激な変化・弱いシアー)

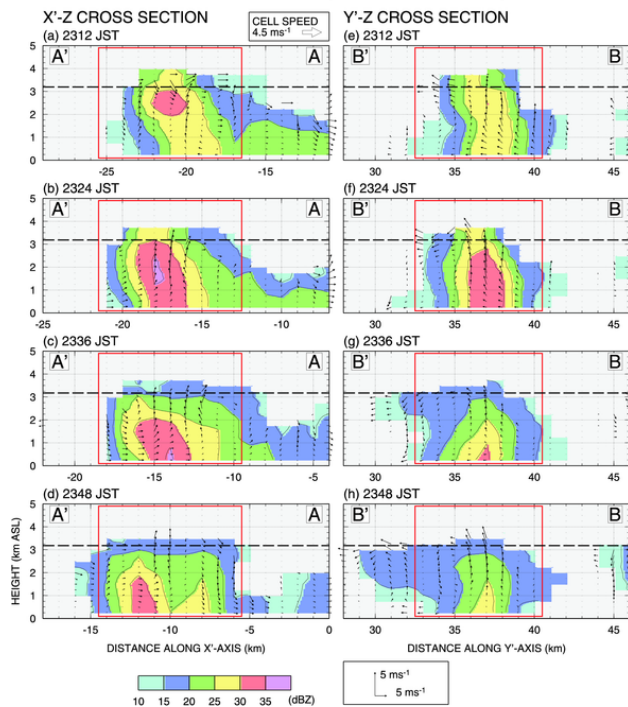


2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

Rwタイプ（急激な変化・弱いシアー）

Rw-1 CASE (27 JAN. 1995)



← 反射強度35dBZを越えるコアが
直立した上昇流内で形成

← コアが降下

← 上昇流が衰退

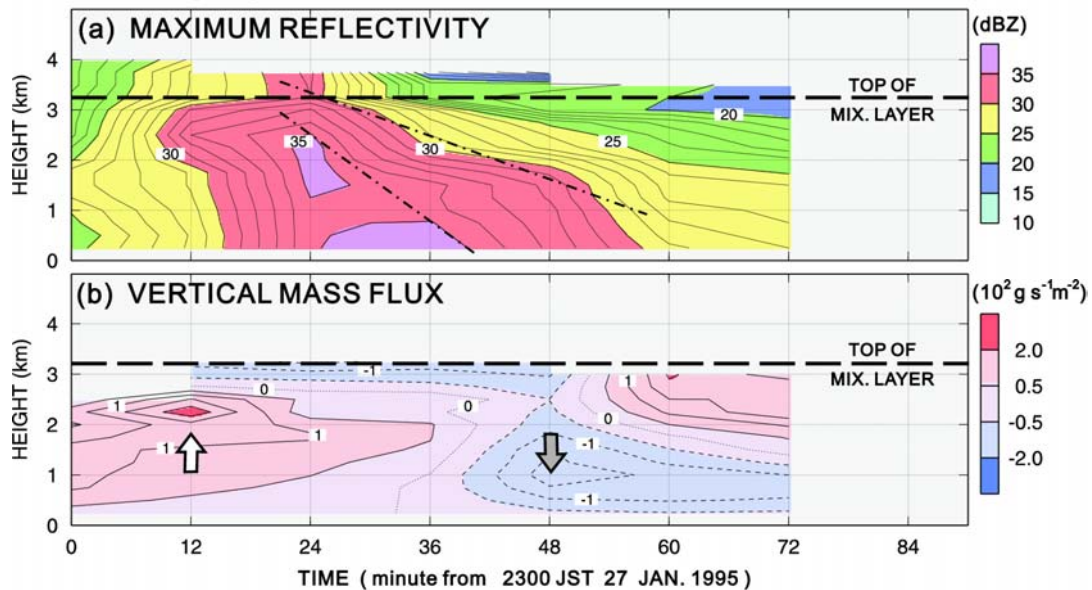
構造の変化が著しい

2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

Rwタイプ（急激な変化・弱いシアー）

Rw-1 CASE



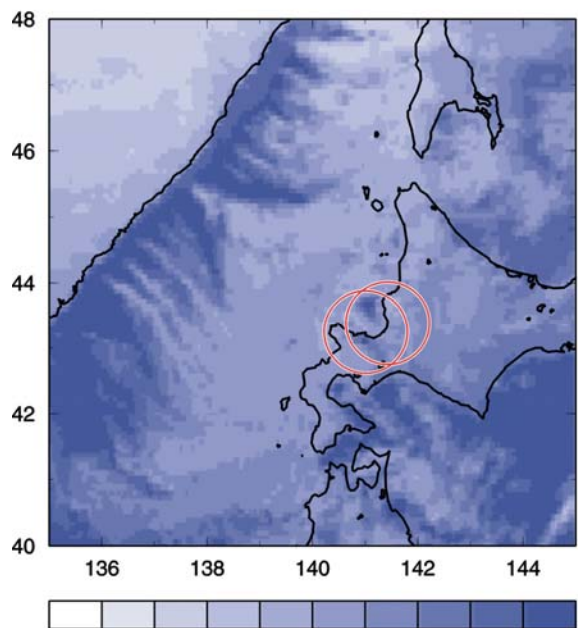
上昇流域での霰の形成と、そのローディングによる上昇流の衰退が、セルの構造の急激な変化をもたらしたと推測される。

2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

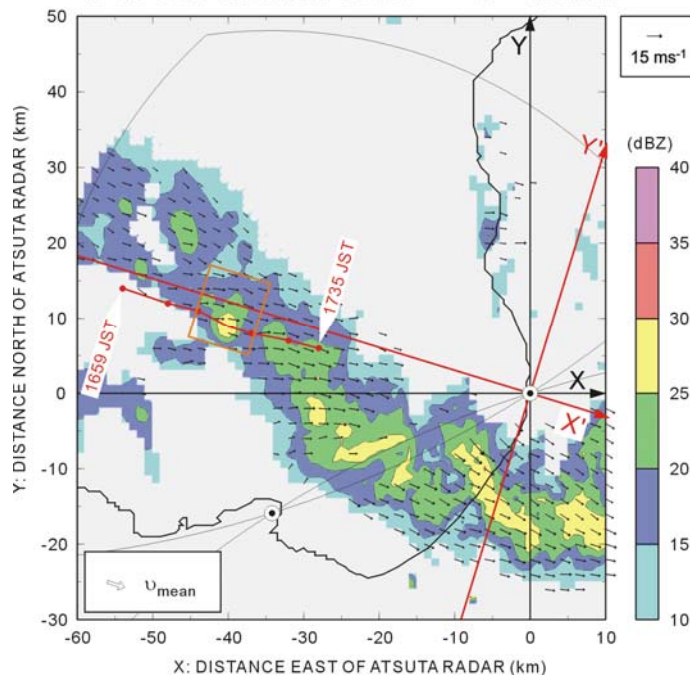
Rsタイプ（急激な変化・強いシアー）

GMS (IR) 18 JST 23 JAN. 1996



(K)

1717 JST 23 JAN. 1996 Z = 1.0 km

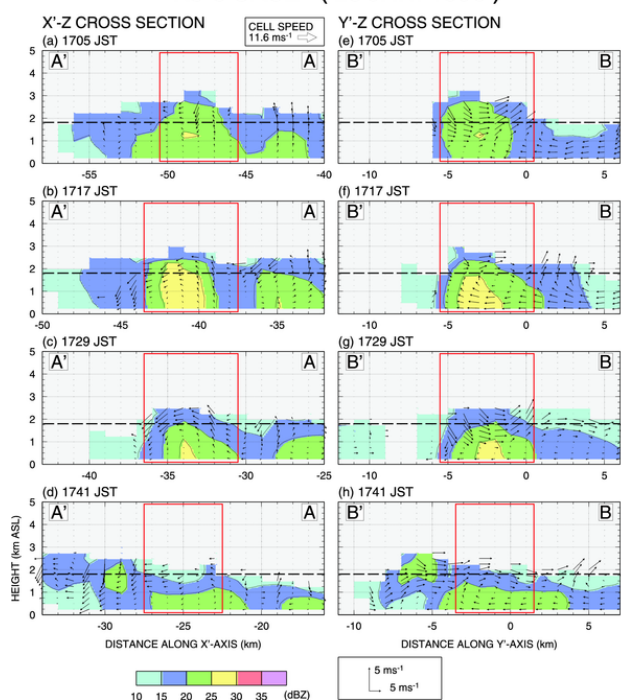


2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

Rsタイプ（急激な変化・強いシアー）

Rs-3 CASE (23 JAN. 1996)



→ 強い鉛直シアーにより上昇流の軸がダウンシアー側に傾く。

→ 弱いコア(< 30dBZ) は、上昇流の風下側に降下。

← コアの降下開始から24分経ってから上昇流が衰退

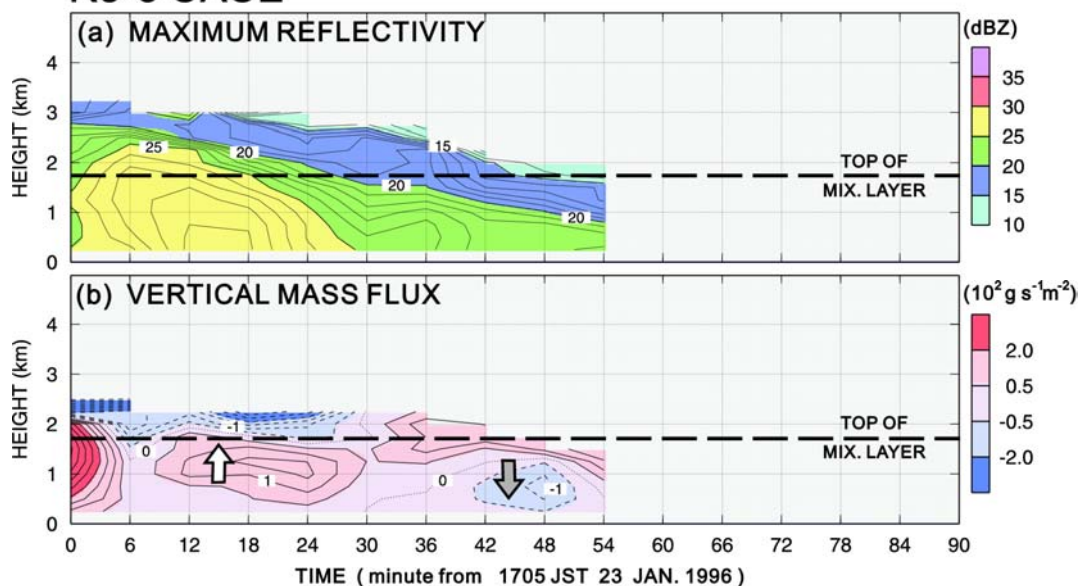
構造の変化が著しいが、Rwタイプとは異なる過程

2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

Rsタイプ（急激な変化・強いシアー）

Rs-3 CASE



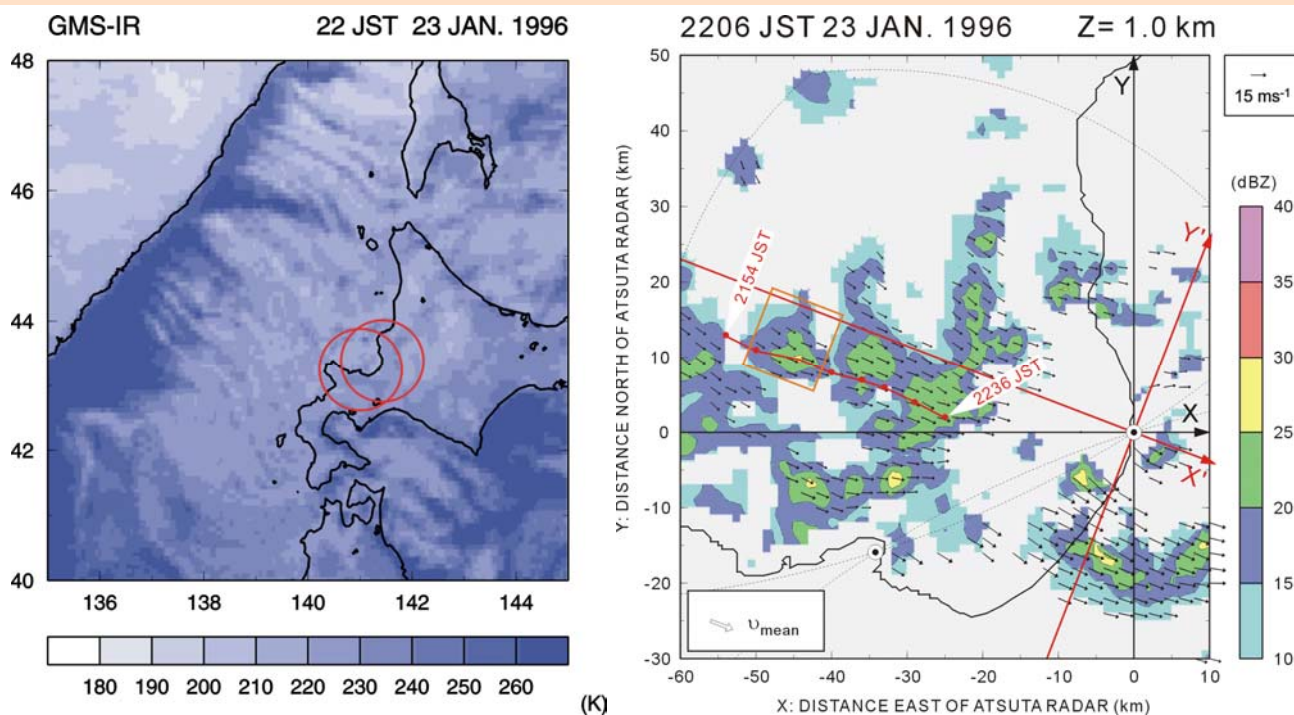
霰のローディングは上昇流の盛衰に直接影響しない。

上昇流の衰退は、強い鉛直シアーの環境により上昇流自体が短寿命になることに起因していると推測される。

2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

Sタイプ（緩やかな変化・弱いシアー）

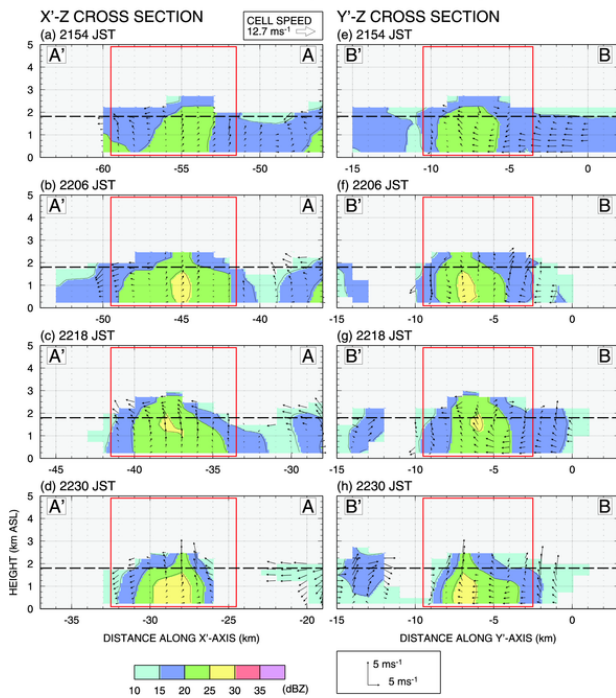


2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

Sタイプ（緩やかな変化・弱いシアー）

S-4 CASE (23 JAN. 1996)



→ 直立した上昇流

→ 弱いコア(< 30dBZ)の形成・降下
がみられる。

← コアの降下に抗して上昇流は持
続

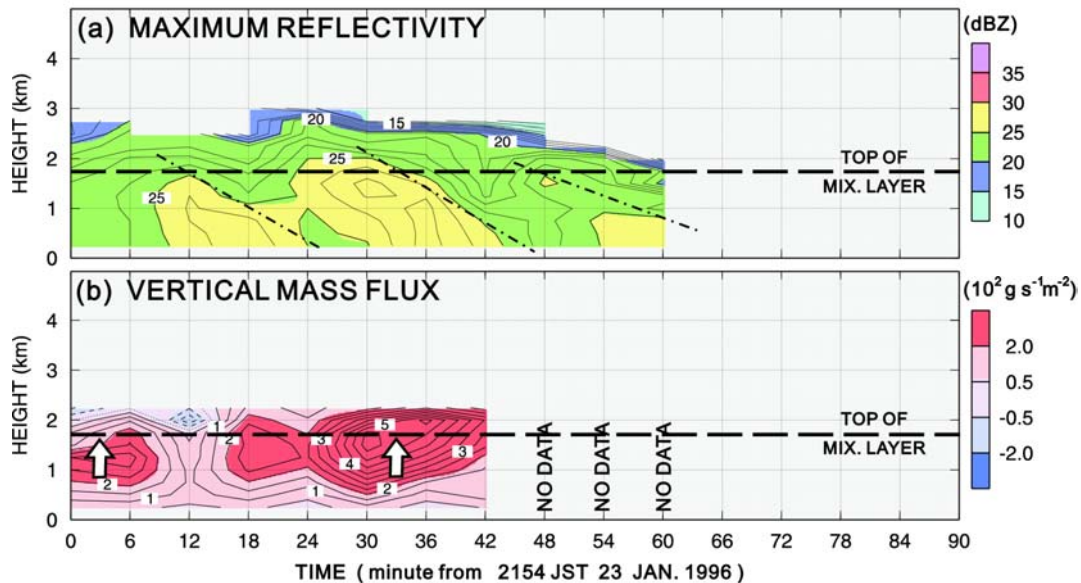
持続的な構造

2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

Sタイプ（緩やかな変化・弱いシアー）

S-4 CASE

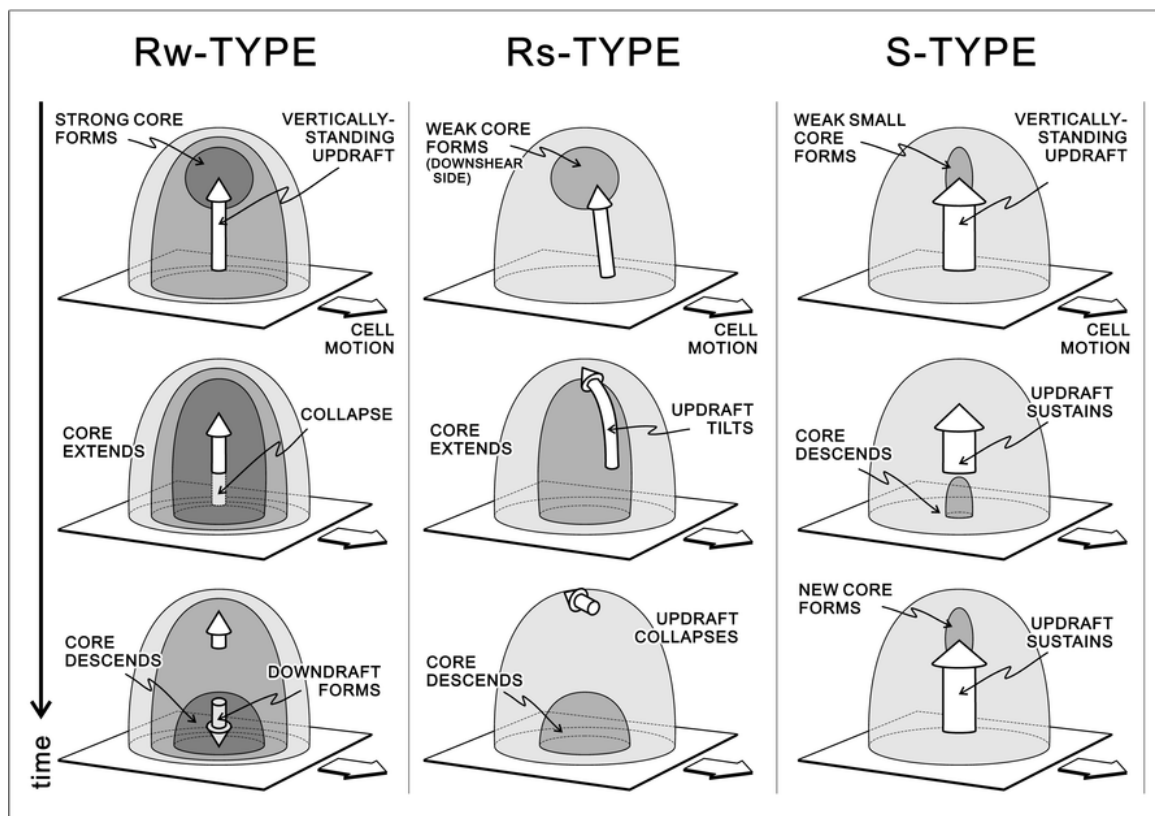


霰の形成が少なく、そのローディング効果が弱いため、直立した上昇流でも持続できると推測される。

2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

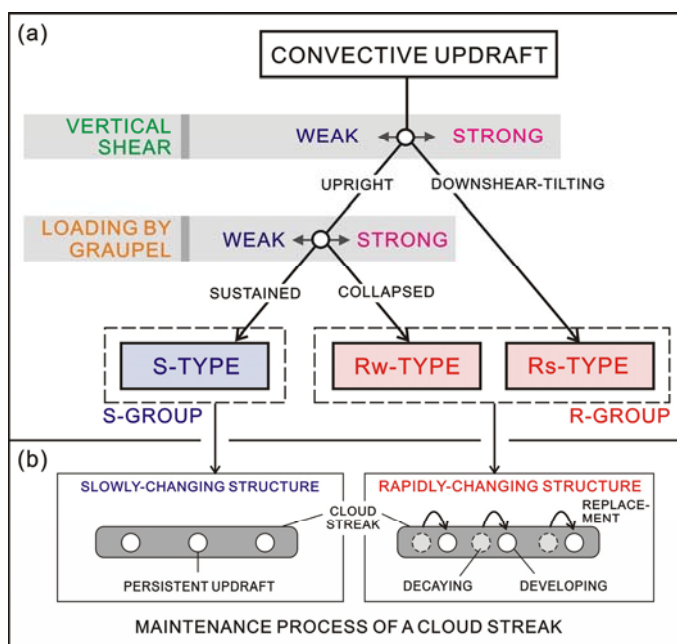
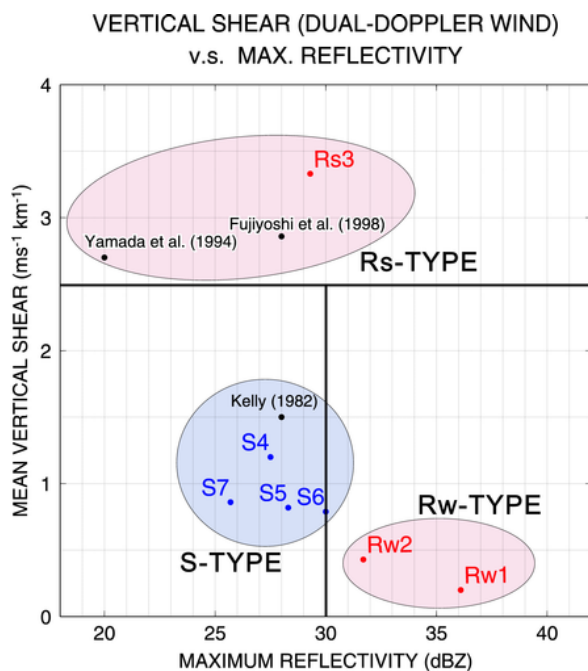
3タイプの発達過程の違い



2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

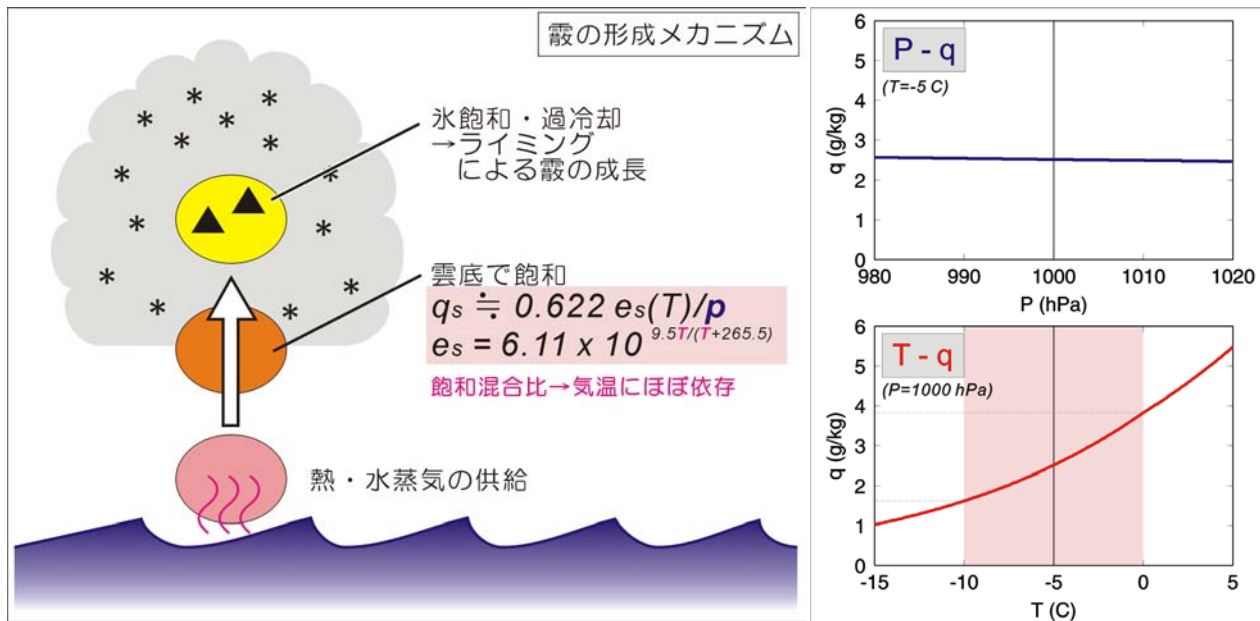
3タイプの違いをもたらす要因



2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

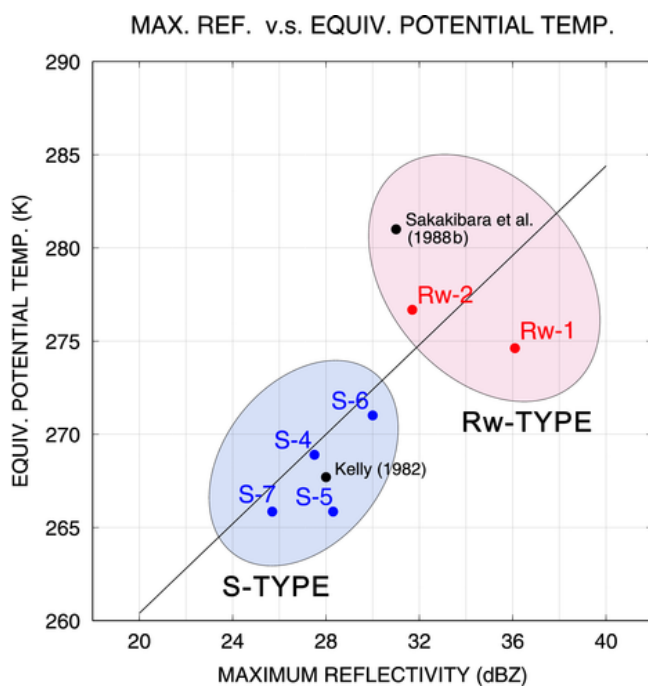
考察：ローディング効果の温度依存性



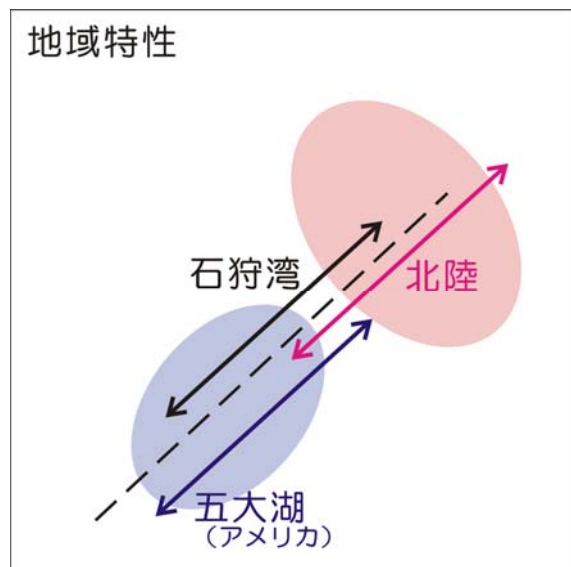
2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

考察：ローディング効果の温度依存性



地域特性



2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

まとめ

- 雪雲の構造に違いをもたらす要因を、観測データを用いて調べた。
- 対流セルは鉛直シアーと最大反射強度により3つのタイプに分類される。

- R_w (構造の急激な変化、弱い鉛直シアー)
- R_s (構造の急激な変化、強い鉛直シアー)
- S (構造の緩やかな変化、弱い鉛直シアー)

このうち季節風時の一般的なタイプは R_w と S の2つだと考えられる。

- 直立した上昇流をもつセル (R_w , S) の違いは、霰によるローディングの強さに依存していると考えられる。

霰の形成には温度依存性があるようで、寒気の強さが両者の違いをもたらしている可能性がある。(石狩湾の場合、弱い寒気なら R_w 、強い寒気なら S)

2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』

References

- Fujiyoshi, Y., N. Yoshimoto, and T. Takeda, 1998: A dual-Doppler radar study of longitudinal-mode snowbands. Part I: A three-dimensional kinematic structure of Meso-g-scale convective cloud systems within a longitudinal-mode snowband. *Mon. Wea. Rev.*, **126**, 72-91.
- Kelly, R. D., 1982: A single Doppler radar study of horizontal roll convection in a lake-effect snow storm. *J. Atmos. Sci.*, **39**, 1521-1531.
- Kristovich, D. A. R., 1993: Mean circulations of boundary-layer rolls in lake-effect snow storms. *Bound. - Layer Meteor.*, **63**, 293-315.
- Sakakibara, H., M. Ishihara, and Z. Yanagisawa, 1988: Squall line like convective snowbands over the Sea of Japan. *J. Meteor. Soc. Japan*, **66**, 937-950.
- Shirooka, R., and H. Uyeda, 1990: Morphological structure of snowburst in the winter monsoon surges. *J. Meteor. Soc. Japan*, **68**, 677-686.
- Yamada, H., H. Uyeda, K. Kikuchi, M. Maki, and K. Iwanami: 2004: Dual-Doppler radar observations on factors causing differences in the structure of snow clouds during winter monsoon surges. *J. Meteor. Soc. Japan*, **82**, 179-206.
- Yamada, Y., T. Matsuo, M. Murakami, H. Mizuno, and K. Iwanami, 1994: Mesoscale and microscale structures of snow clouds over the Sea of Japan. Part II: Time change in airflow structures in isolated snow clouds derived from dual-Doppler radar observations: A case study. *J. Meteor. Soc. Japan*, **72**, 695-708.

-
- Bound. -Layer Meteor.* = Boundary-Layer Meteorology.
(C) Kluwer.
- J. Atmos. Sci.* = Journal of the Atmospheric Sciences.
(C) American Meteorological Society.
- J. Meteor. Soc. Japan* = Journal of the Meteorological Society of Japan.
(C) Meteorological Society of Japan.
- Mon. Wea. Rev.* = Monthly weather review.
(C) American Meteorological Society.

2004年3月8-9日

ワークショップ『降雪に関するレーダと数値モデルによる研究(第2回)』